(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

**УДК:** 631.875.635 10.70769/3030-3214.SRT.3.2.2025.34

# АЗОТНОФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПЛАВА АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ С ДОБАВКОЙ ОТХОДА ТРИНАТРИЙФОСФАТА





***Хошимханова Мухайё***

*Доцент кафедры «Химическая технология», Алмалыкский филиал ТДТУ, Ташкент, Узбекистан*
*E-mail: muhayyohoshimxonova568@gmail.com*

***Дехканов Зульфикахар***

*Профессор кафедры «Пищевая технология», Ферганский политехнический институт, Фергана, Узбекистан*
*Email: zulfikahar2404@gmail.com*

***Шарапова Дурдона***

*Доцент кафедры «Химическая технология», Алмалыкский филиал ТДТУ, Ташкент, Узбекистан*
*Email: sharopovadurdona96@gmail.com*

***Аннотация.*** *В этом научном исследовании рассматривается состав, технология их приготовления и агрохимические свойства азотно-фосфорных удобрений, изготовленных из отходов аммиачной селитры и тринатрийфосфата. В ходе исследования были определены необходимые количества аммиачной селитры и отходов тринатрийфосфата для использования в качестве источника фосфора, а также изучены физические и химические свойства смеси. Эффективность этих удобрений оценивается на основе их влияния на рост растений и плодородие почвы. Результаты показали, что этот вид удобрений служит отличным источником азота и фосфатов для сельскохозяйственных культур, способствуя экологической устойчивости за счет переработки отходов. Мы предложили внести изменения в производственный процесс для повышения его экономической эффективности. Мы отметили, что снижение взрывоопасности аммиачной селитры и использование отходов тринатрийфосфата позволяет получить комплексное удобрение, включающее азот и фосфор. Мы изучили, как получить эффективные азотно-фосфорные удобрения сложного состава, смешав отходы тринатрийфосфата с раствором аммиачной селитры. Мы оцениваем физико-химические характеристики (консистенцию зерна) получаемых продуктов.*

***Ключевые слова:*** *аммиачная селитра, тринатрийфосфат, азотно-фосфорное удобрение, прочность.*

# TRINATRIYFOSFAT CHIQINDISI QO‘SHILGAN AMMIAKLI SELITRA QOTISHMASI ASOSIDAGI AZOT-FOSFORLI O‘G‘ITLAR

***Xoshimxanova Muxayyo***

*“Kimyoviy texnologiya” kafedrasi dotsenti, TDTU Olmaliq filiali, Toshkent, O‘zbekiston*

***Dexkanov Zulfikahar***

*“Oziq-ovqat texnologiyasi” kafedrasi professori, Farg‘ona politexnika instituti, Farg‘ona, O‘zbekiston*

***Sharopova Durdona***

*“Kimyoviy texnologiya” kafedrasi dotsenti, TDTU Olmaliq filiali, Toshkent, O‘zbekiston*

***Annotatsiya.*** *Ushbu ilmiy maqolada ammiakli selitra va trinatriyfosfat chiqindilaridan tayyorlangan azot-fosforli oʻgʻitlarning tarkibi, ularni tayyorlash texnologiyasi va agrokimyoviy xususiyatlarini koʻrib chiqadi. Tadqiqot fosfor manbai sifatida foydalanish uchun zarur boʻlgan ammiakli selitra va trinatriyfosfat chiqindilarini aniqladi va aralashmaning fizik-kimyoviy xususiyatlarini oʻrganib chiqdi. Ushbu oʻgʻitlarning samaradorligi ularning oʻsimliklarning oʻsishi va tuproq unumdorligiga taʼsiriga qarab baholanadi. Natijalar shuni koʻrsatdiki, bu turdagi oʻgʻitlar ekinlar uchun azot va fosfatning ajoyib manbai boʻlib, chiqindilarni qayta ishlash orqali ekologik barqarorlikni taʼminlaydi. Biz uning iqtisodiy samaradorligini oshirish uchun ishlab chiqarish jarayoniga oʻzgartirishlar kiritishni taklif qildik. Biz ammiakli selitraning portlash xavfini kamaytirish va trinatriyfosfat chiqindilaridan foydalanish azot va fosforni oʻz ichiga olgan murakkab oʻgʻitlarni ishlab chiqarishga imkon berishini taʼkidladik. Biz trinatriyfosfat chiqindilarini ammiakli selitra eritmasi bilan aralashtirib, murakkab tarkibdagi samarali azot-fosforli oʻgʻitlarni qanday olishni oʻrganib chiqdik. Olingan mahsulotlarning fizik-kimyoviy xususiyatlarini (donadorning mustahkamligi) baholaymiz.*
***Kalit soʻzlar:*** *ammoniy nitrat, trinatriyfosfat, azot-fosforli oʻgʻit, donalar mustahkamligi.*

# NITROPHOSPHORIC FERTILIZERS BASED ON A MOLTEN AMMONIUM NITRATE WITH THE ADDITION OF TRISODIUM PHOSPHATE WASTE

***Khoshimkhanova Muhayyo***
*Docent of the Department of "Chemical Technology", Almalyk branch of TSTU, Tashkent, Uzbekistan*

***Dehkanov Zulfikahar***
*Professor of the Department of "Food Technology", Fergana Polytechnic Institute, Fergana, Uzbekistan*

***Sharapova Durdona***
*Docent of the Department of "Chemical Technology", Almalyk branch of TSTU, Tashkent, Uzbekistan*

***Abstract.*** *This scientific study looks at the make-up, how they are made, and the agrochemical properties of nitrogen-phosphorus fertilizers made from ammonium nitrate (saltpeter) and trisodium phosphate waste. The study found the right amounts of ammonium nitrate and trisodium phosphate waste to use as a source of phosphorus and studied the physical and chemical properties of the mix. The efficacy of these fertilizers is evaluated based on their impact on plant growth and soil fertility. The findings demonstrated that this fertilizer type serves as an excellent supply of nitrogen and phosphate for crops, promoting environmental sustainability via waste recycling. We have proposed modifications to the manufacturing process to enhance its economic efficiency. We noted that reducing the explosive risk of ammonium nitrate and incorporating trisodium phosphate waste yields a complex fertilizer including nitrogen and phosphorus. We looked into how to make effective nitrogen-phosphorus fertilizers with complex compositions by mixing waste trisodium phosphate into a solution of ammonium nitrate. We assess the physico-chemical characteristics (grain consistency) of the resultant goods.*
***Keywords:*** *ammonium nitrate, trisodium phosphate, nitrogen-phosphorus fertilizer, grain strength.*

**Введение.** Узбекистан является существенной частью экономики страны. Здесь сконцентрировано 13% основных производственных фондов, 28% трудовых ресурсов, производится около 38% внутреннего валового продукта. Аграрный сектор является системообразующим на более чем 90% территории страны, на которой живёт и трудится 64% населения.

В структуре сельскохозяйственного сектора особо представлен хлопчатник. Самый крупный производитель хлопка в СНГ – Узбекистан, на его долю приходится свыше 65 процентов производства этого сырья. Хлопчатник занимает 43,3 % посевных площадей Республики. Земли под хлопчатник имеют низкое естественное плодородие, и только систематическое внесение удобрений позволяет повысить его урожайность. При этом основной дефицит питательных веществ приходится на долю азота и фосфора. Особенности вегетационного развития хлопчатника требуют

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

внесения под него быстрорастворимых удобрений, так как применение медленно растворимых удобрений приводит к удлинению срока его вегетации.

Исходя из этой специфики, наилучшим образом для возделывания хлопчатника подходит аммиачная селитра. В Узбекистане аммиачную селитру производят 3 крупных промышленных предприятия – ОАО «Максам-Чирчик», ОАО «Навоиазот» и ОАО «Ферганаазот». Совокупная мощность этих трёх заводов составляет свыше 1,8 млн. тонн в год.

Полиморфизм является важнейшей характеристикой нитрата аммония [1]. Предпосылкой этого являются ионы $NO_3^-$, которые занимают различное положение в кристаллах разных модификаций и в зависимости от температурных колебаний меняют своё вращательно-симметричное состояние (рис. 1) [2].

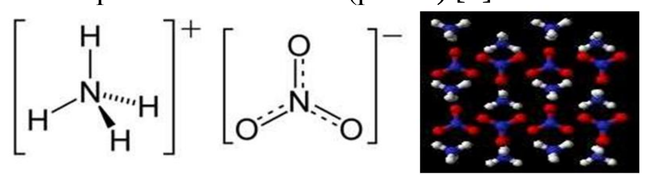


***Рис.1. Структурная формула $NH_4NO_3$.***

Кристаллы чистого $NH_4NO_3$ имеют несколько фазовых переходов [3]. Помимо фазовых переходов между соседними твердыми фазами, метастабильный фазовый переход II→IV также может происходить при 50°С.

**Анализ литературы и методы.** Кристаллы чистой АС имеют семь известных кристаллических полиморфных фаз, но кристаллографическая информация доступна только для фаз I-V. АС, характеризуется тремя существенными недостатками: (1) после нескольких циклов полиморфного перехода фазы IV (плотность = 1,72 г/см$^3$) в фазу III (плотность = 1,66 г/см$^3$) вблизи температуры переработки или хранения топлива 32°С может вызвать изменение плотности и изменение объема на 3,8%, что приведет к пористой структуре и потрескавшимся кристаллам с плохой механической прочностью, слёживаемостью [4; 5; 6].

Судя по результатам многочисленных работ, делается вывод о том, что получить фазостабильную АС невозможно, поэтому далее рассматривается влияние модификаторов, обеспечивающих стабилизацию полиморфных переходов АС.

Так, в [7], магниевые добавки смешиваются с АС при массовых соотношениях АС : Соединение магния = 4 : 1; 9 : 1 и 49 : 1. В табл. 1.1 приводятся результаты исследований, где показано, что большинство анализируемых соединений повышают термическую стабильность нитрата аммония, увеличивая температуру начала экзотермического разложения и уменьшая количество выделяемого тепла. Однако гексагидрат хлорида магния ускоряет разложение АС, в то время как сульфат магния, гексагидратов сульфата и нитрата магния вместе с магнезитом и доломитом определены в качестве ингибиторов.

Немаловажным в этом аспекте послужили добавки не несущие питательной нагрузки, такие как бентонит, вермикулит, гипс [8]. Для этого предлагается покрытие поверхности гранул продуктов различными инертными веществами: в состав которых входит кремний; рекомендованы соединения кальция, магния, алюминия (иллит, обезвоженный кизерит.

В данной работе приведены результаты физико-химических исследований процесса получения тринатрийфосфата обменным разложением аммофоса кальцинированной содой с последующей донетрализацией гидроксидом натрия.

В качестве объекта исследований исходных веществ использовали аммофос (АО «Аммофос Максам»), кальцинированную соду (ООО «Кунградский содовый завод»), каустическую соду (АО «Ферганаазот»).

Для проведения опытов использовали стеклянный реактор, снабжённый механической мешалкой и рубашкой для обогрева и охлаждения.

Аммофос с содержанием $P_2O_5$ 46% масс, нерастворимых в воде частиц не более 25% мас., растворяли в воде для получения чистого раствора аммофоса определенной концентрации (18-22%). В полученный раствор порциями добавляли кальцинированную соду при постоянном перемешивании при 80-90°С. В данном процессе идет первый этап с обменным разложением аммофоса образуя моно-динатрийфосфата и выделением аммиака и углекислого газа.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

Сначала идет растворение соды с ее гидролизом:

$$Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow NaHCO_3 + NaOH \quad (1)$$

$$NH_4H_2PO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2HPO_4 + NH_3 + CO_2 + H_2O \quad (2)$$

После завершения реакции (значения pH среды составляет 8,5-9,0 образуется моно-динатрийфосфаты) в раствор добавили воду с учетом образования насыщенного раствора тринатрийфосфата при 45-50°C. Горячий раствор температурой 60-65°C отфильтровали на вакуум фильтре для очищения полученного раствора от нерастворимых в воде частиц.

В следующем этапе в раствор динатрийфосфата при постоянном перемешивании вводили сухой гидроксид натрия в стехиометрическом соотношении для донейтрализации динатрийфосфата до образования тринатрийфосфата (ТНФ) (25-30% масс.).

$$Na_2HPO_4 + NaOH \rightarrow Na_3PO_4 + H_2O \quad (3)$$

После чего значение среды раствора состовляло pH=11,5-12,5. Затем раствор ТНФ охлаждали до температуры 20-25°C. После охлаждения кристаллы тринатрийфосфата отделяли на вакуум фильтре, далее продукт сушили в сушильном шкафу при температуре 55-60°C.

При этом остатки аммофоса выбрасываются как отходы. Его химический состав: $P_2O_5$ = 18-20%, N = 4-5%, Mg = 2-3%, влажность 34-38%.

В данном сообщении мы приводим результаты определения прочности гранул аммиачной селитры, полученной добавками отхода тринатрийфосфата при вышеуказанных весовых соотношениях амиячная селитра: отход трийнатрийфосфата (АС: ОТНФ). Прочность гранул – это один из важнейших показателей, характеризующий стабилизированную аммиачную селитру.

После этого производился замер прочности гранул. При этом получались гранулы азотно-фосфорных удобрений, по внешнему виду похожие на гранулы чистой АС. Прочность гранул размером 2-3 мм. Экспериментальные данные приведены табл 1.

Как видно из таблиц, чем больше вводится добавки золы в состав АС, тем выше прочность гранул. Так, добавление в плав АС золы в количестве 100:20 увеличивает прочность гранул с 8,02 МПа содержания азота 25,84%. А прочность гранул стандартной АС составляет всего 2,91 МПа. Это говорит о том, что введение в плав АС золы приводит к уплотнению структуры гранул и повышению её прочности к раздавливанию и истираемости, что в конечном итоге оказывает воздействие на снижение слёживаемости продукта при хранении.

Таблица 1.

***Прочность гранул удобрений, полученных введением в расплав нитрата аммония и ОТНФ.***

| Массовое Соотношение АС:ОТНФ | N, % | $P_2O_5$, % | Прочность гранул | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | кг/гранулу | кгс/см² | МПа |
| Диаметр гранул 2-3 мм | | | | | |
| 100 : 3 | 32,24 | 1,67 | 1,58 | 31,85 | 3,12 |
| 100 : 5 | 31,76 | 1,89 | 2,02 | 40,72 | 3,99 |
| 100 : 8 | 30,62 | 2,08 | 2,56 | 51,61 | 5,06 |
| 100 : 10 | 29,30 | 2,27 | 2,89 | 58,26 | 5,72 |
| 100 : 12 | 28,81 | 2,48 | 3,13 | 63,10 | 6,19 |
| 100 : 15 | 27,69 | 3,01 | 3,41 | 68,75 | 6,74 |
| 100 : 18 | 26,90 | 3,18 | 3,65 | 73,58 | 7,21 |
| 100 : 20 | 25,84 | 3,71 | 4,06 | 81,85 | 8,02 |
| 100 : 22 | 25,38 | 4,03 | 4,45 | 89,71 | 8,79 |
| 100 : 25 | 24,40 | 4,38 | 4,68 | 94,35 | 9,25 |

Нами определены реологические свойства

Таблица 2.

***Реологические свойства плава удобрений, полученных введением в расплав аммиачной селитры с дабавкой ОТНФ***

| Массовое соотноше-ние АС : ОТНФ | Плотность (г/см³), при температуре, °С | | | | | | Вязкость (сПз), при температуре, °С | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **160** | **165** | **170** | **175** | **180** | **185** | **160** | **165** | **170** | **175** | **180** | **185** |
| Аммиачная селитра | - | 1,45 | 1,45 | 1,44 | 1,44 | 1,43 | - | 5,89 | 5,71 | 5,34 | 5,02 | 4,85 |
| 100 : 3 | 1,56 | 1,56 | 1,55 | 1,55 | 1,54 | 1,54 | 6,32 | 6,14 | 5,88 | 5,61 | 5,36 | 5,12 |
| 100 : 5 | 1,58 | 1,57 | 1,57 | 1,56 | 1,55 | 1,55 | 6,62 | 6,28 | 6,12 | 5,76 | 5,52 | 5,30 |
| 100 : 8 | 1,59 | 1,58 | 1,57 | 1,57 | 1,56 | 1,55 | 6,85 | 6,54 | 6,31 | 5,88 | 5,72 | 5,49 |
| 100 : 10 | 1,60 | 1,59 | 1,58 | 1,58 | 1,57 | 1,57 | 7,19 | 6,80 | 6,55 | 6,24 | 5,97 | 5,77 |
| 100 : 12 | 1,61 | 1,60 | 1,60 | 1,59 | 1,58 | 1,58 | 7,58 | 7,22 | 6,89 | 6,69 | 6,24 | 6,00 |
| 100 : 15 | 1,63 | 1,63 | 1,62 | 1,62 | 1,61 | 1,60 | 7,97 | 7,49 | 7,11 | 6,87 | 6,61 | 6,40 |
| 100 : 18 | 1,64 | 1,64 | 1,63 | 1,62 | 1,62 | 1,61 | 8,48 | 7,87 | 7,45 | 7,28 | 7,08 | 6,79 |
| 100 : 20 | 1,65 | 1,65 | 1,64 | 1,64 | 1,63 | 1,63 | 8,77 | 8,12 | 7,82 | 7,61 | 7,38 | 7,08 |
| 100 : 22 | 1,68 | 1,67 | 1,66 | 1,66 | 1,65 | 1,64 | 9,39 | 8,86 | 8,58 | 8,17 | 7,86 | 7,65 |
| 100 : 25 | 1,69 | 1,68 | 1,68 | 1,67 | 1,67 | 1,66 | 10,5 | 10,2 | 9,70 | 8,79 | 8,49 | 8,31 |

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

расплавов аммиачной селитры с ОТНФ. Они представлены в табл. 2.

**Результаты и обсуждение.** Как видно из данных таблицы, введение ОТНФ в плав нитрата аммония оказывает ощутимое влияние на плотность и вязкость.

Так, при 160°С стандартная аммиачная селитра не плавится и естественно не течёт. Добавка же отхода приводит к снижению температуры кристаллизации селитры, при 160°С она плавится, и хотя и обладает большой вязкостью, легко течёт. Увеличение количества добавки ОТНФ от 3 до 25 весовых частей на 100 весовых частей АС приводит к увеличению плотности расплавов при 160°С от 1.566 до 1.695 г/см$^3$, вязкости от 3.32 до 10.57 сПз.

На основе лабораторных опытов показано, что введение в плав аммиачной селитры отхода тринатрийфосфата позволяет получить новые азотно-фосфорной удобрения с высоким относительным содержанием усвояемой формой $P_2O_5$.

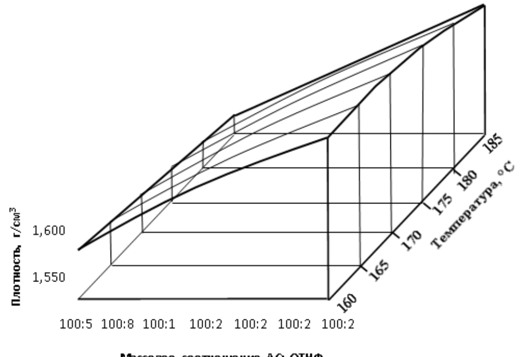



***Рис.2. Плотность NP-плава в зависимости от количества добавки NH4NO3-ОТНФ и температуры.***

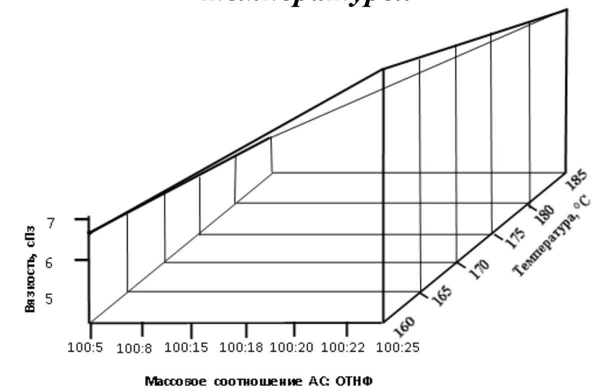



***Рис.3. Вязкость NP-плава в зависимости от количества добавки NH4NO3-ОТНФ и температуры.***

**Заключение.** В настоящем исследовании изучены состав, технология приготовления и Агрономическая эффективность азотно-фосфорных удобрений на основе аммиачной селитры с добавлением отходов тринатрийфосфата. Полученные результаты показали, что данный вид удобрений оказывает положительное влияние на повышение плодородия почвы, рост и развитие растений. Использование отходов тринатриф-фосфата в качестве источника фосфора приобретает важное значение для снижения производственных затрат и устранения экологических проблем за счет переработки отходов. Экспериментальные результаты подтвердили физико-химическую стабильность этой смеси и ее эффективность в качестве удобрения.

Одним из перспективных направлений является оптимизация производственного процесса и более широкое изучение применения удобрений в различных агроэкологических условиях. Результаты этого исследования могут стать основой для производства эффективных и экологически безопасных удобрений в сельском хозяйстве**.** Изучены реологические свойства расплавов селитры с отходом тринатрийфосфата в диапазоне температур 160-185°С. При этом показано, что во всех соотношениях АС: ОТНФ азотно-фосфорные плавы обладают достаточно хорошей текучестью, что позволяет их гранулировать в грануляционной башне методом приллирования без особых технологических трудностей.

Таким образом, ОТНФ “Фарганаазот” АО можно считать весьма перспективной добавкой, для получения фосфатизированной аммиачной селитры, обладающей большей детонационной стабильностью.

Дополнительно, результаты почвенных анализов и вегетационных опытов показали, что применение полученных азотно-фосфорных удобрений способствует улучшению усвояемости питательных веществ растениями, особенно в начальные фазы вегетации. Это связано с постепенным высвобождением фосфора из отходов тринатрийфосфата, что обеспечивает длительное питание и снижает риск вымывания элементов из почвы. Кроме того, удобрение характеризуется низкой гигроскопичностью и

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

устойчивостью к слеживанию, что облегчает хранение и транспортировку. Все это делает разработанный продукт не только эффективным, но и технологически удобным для применения в агропромышленном комплексе.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мировой рынок минеральных удобрений. / Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики. Центр развития. – 2019. - dcenter.hse.ru/data/2019/12/26/1524652323.
2. Zhe Han. Thermal stability of Ammonium Nitrate. Dissertation for the degree of doctor philosophy: Texas A&M University. – USA, 2016. - 210p.
3. Q.S.M. Kwok et al. Wettability of Ammonium Nitrate Prills. // Energetic Materials. - 2004. – vol. 22. – pp. 127-150. http://www.tandfonline.com/loi/ uegm20.
4. K. Menke, J. Bohnlein-Maus, H. Schubert, Characteristic properties of AN/GAP propellants. // Propell. Explos. Pyrotech. - 1996. – vol. 21. – pp. 139-145.
5. H.B. Wu, M.N. Chan, C.K. Chan, FTIR characterization of polymorphic transformation of ammonium nitrate. // Aerosol. Sci. Technol. - 2007. – vol. 41. – pp. 581–588.
6. B. Zygmunt, D. Buczkowski. Influence of ammonium nitrate Prill's properties on detonation velocity of ANFO. // Propell. Explos. Pyrotech. - 2007. - vol. 32. – pp. 411-414.
7. Ahmet Ozan Gezerman. A novel industrial-scale strategy to prevent degradation and caking of ammonium nitrate. // Heliyon. – 2020. – Issue. - 6. – vol. 3. e03628. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03628.
8. А.с. №912721 СССР. Способ получения неслёживающегося удобрения / Федун О.С., Стрельцов О.А., Калашников Ю.С. // № 3427100/21; Заявлено 01.11.79; Опубликовано 04.03.82. Б.И. – 1982. - №10.